

Generando Entornos de Investigación y Desarrollo utilizando Redes Inalámbricas de Sensores (WSN)

Eduardo O. Sosa¹, Diego A. Godoy², Edgardo A. Belloni²

¹ Facultad de Ciencias Exactas, Químicas y Naturales - Universidad Nacional de Misiones.
Félix de Azara 1552. N3300LQH. Posadas, Argentina.

² Departamento de Ingeniería y Ciencias de la Producción - Universidad Gastón Dachary, Av.
López y Planes 6519, N3301BOL. Posadas, Argentina

`eososa@unam.edu.ar, {diegodoy, ebelloni}@ugd.edu.ar`

Resumen. Las Redes Inalámbricas de Sensores (WSN) jugarán un papel preponderante tanto en las actividades académicas y como en el desarrollo en nuestro país. En este artículo se reportan actividades desarrolladas en dos universidades argentinas, utilizando a la tecnología WSN como disparador de actividades de investigación, desarrollo. La aplicación de ésta tecnología de última generación se enmarcan en el dominio de “Internet de las Cosas” y “Ciudades Inteligentes”. Las actividades teórico-prácticas desarrolladas introdujeron a un número cada vez mayor de interesados en la experimentación, hacia el desarrollo de soluciones frente a situaciones de la vida cotidiana, buscando soluciones utilizando WSN. Se presentan resultados de proyectos de la vida real, por lo que amerita considerar la implementación del estudio de las WSN en las curriculas de las carreras con contenido de las Tecnologías de la Información y Comunicación.

Palabras clave: Sensores inalámbricos; Redes ad hoc; Internet del Futuro; Internet de las Cosas.

1 Introducción y Propósitos

Las redes ad-hoc son sistemas sumamente complejos. En ellos conviven y participan muchos conceptos, protocolos, tecnologías, algoritmos, y elementos que deben ineludiblemente trabajar conjuntamente. La aplicación de las redes móviles ad hoc (MANET) y las WSN es sumamente diversa, yendo desde pequeñas redes estáticas limitadas en su existencia por la necesidad de disponibilidad de energía, a redes a gran escala con gran dinámica y mucha movilidad. Si bien los nodos sensores han sido utilizados desde hace décadas, el desarrollo de la tecnología ha sido exponencial a partir de 1998, con el proyecto SmartDust.

Las redes de sensores inalámbricos, proveen una tecnología que permite operar de forma autónoma a cada uno de los nodos, sin depender de infraestructura alguna. Son parte de aquellos objetos cooperantes, que residiendo en el dominio de la computación ubicua; permite desarrollar una gran variedad de aplicaciones prácticas. La

computación ubicua es un modelo de interacción de personas y equipos, en los cuales el procesamiento ha sido asimilado invariablemente a los elementos y actividades del día a día. Cada uno de los objetos con los cuales interactuamos, tienden a ser integrados con sensores de alguna naturaleza. Son redes auto-configurables de pequeños nodos desplegados en cantidades suficientes de tal manera de interaccionar con el mundo. Es posible mencionar casos de éxito como el monitoreo de hábitats naturales de aves, control de la migración de animales, vulcanología, contralor de parámetros en viñedos, calidad de vida de los internos en residencias geriátricas, eventos deportivos multitudinarios, y diversos otros dominios y entornos. La solución implementada en cada caso ha sido más competitiva que las existentes, ya que se puede implementar como red fija o móvil.

Computación ubicua es un modelo posterior de la interacción persona-computadora de escritorio, y es un término ya utilizado por Mark Weiser en los años 1990's [1]. Hoy las WSN forman la columna vertebral de una nueva Internet, principalmente ubicua, como parte indivisible de "Internet de las cosas (IoT)" [2], dominio en el cual cada "cosa" existente en el mundo físico también puede convertirse en un elemento que está conectado a Internet. Las "cosas" se pueden caracterizar como pequeños dispositivos capaces de diferentes tareas "inteligentemente".

Si a la brecha digital se la define como la diferencia entre los que tienen acceso regular y eficaz de las tecnologías digitales y los que no, entonces la brecha científica se puede definir como la brecha entre quienes tienen acceso a los datos científicos y los que no. Estamos persuadidos que el uso de WSN en los países en vías de desarrollo puede ayudar a llenar este vacío en el estado del arte y de la técnica. Abogamos por la utilización de WSN para el desarrollo en el dominio de las ICT4D (ICT for Development) ya que se convierte, aplicándose a diversos escenarios [3], en una herramienta válida para reducir la brecha científica y tecnológica existente.

La implementación de las WSN aporta nuevas fortalezas al diseño curricular de carreras en Informática, agregando valor actualizado para los propósitos educativos en aquellas instituciones académicas que avancen sobre el tema.

En nuestro país existen hoy 2,9 investigadores, tecnólogos y becarios por cada 1.000 personas de la población económicamente activa. Se espera aumentar a 4,6 en 2020, según el escenario más pesimista [4], logrando duplicar la cantidad de científicos en 7 años.

Uno de los ejes principales del plan es la "focalización" en sectores que se consideran estratégicos, la agroindustria, el ambiente y el desarrollo sustentable, el desarrollo social, las energías, la industria, y la salud. En todos esos ambientes es esperable que las WSN jueguen un rol sumamente importante.

La capacidad de realizar mediciones directas y determinar las estrategias de reconocimiento y caracterizar patrones; conjuntamente con una acertada explotación de los recursos computacionales disponibles en la tecnología; representan retos ingenieriles muy interesantes de abordar en el ámbito científico académico. Para validar la tecnología se hace necesario un amplio portafolio de aplicaciones como una prueba del concepto. Para ello las redes desplegadas deben adecuarse al medio bajo estudio e investigación, debiendo considerarse no solo el impacto científico potencial, sino también el impacto en la sociedad. Las bondades y potenciales aplicaciones de las

WSN, coadyuvará en la adhesión de mayor cantidad de voluntades, siendo fundamentales aquellas que se encuentren relacionadas con actividades de desarrollo de hardware.

2 Génesis y Contexto

La Facultad de Ciencias Exactas, Químicas y Naturales (FCEQyN) de la Universidad de Misiones (UNaM), el Centro de Investigación en Tecnologías de la Información y Comunicaciones (CITIC) de la Universidad Gastón Dachary (UGD), y el Parque Tecnológico Misiones (PTMi) han trabajado activamente en la difusión y promoción de actividades centradas en tecnologías de bajo costo y alto impacto en la industria y la sociedad, siendo uno de los objetivos la formación de personas que puedan convertirse en propagadores de los conocimientos y las capacitaciones recibidas.

Por convenios con la Universidad de Lübeck (Alemania), el LINTI –Laboratorio de Investigación de Nuevas Tecnologías Informáticas de la Universidad Nacional de La Plata y la FCEQyN se ha desarrollado el Proyecto “Hacia una Red Global de Sensores Interconectados. Un ensayo experimental Argentino-Alemán”, aprobado en el marco del Programa de Cooperación Científico-Tecnológico entre el Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva de la República Argentina (MinCyT) y el Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) de Alemania. La meta principal del proyecto ha sido obtener resultados valederos tanto desde el punto de vista práctico como desde lo teórico y académico, promoviendo cursos y actividades a nivel de grado y postgrado, los que no son tan comunes en las actuales curriculas de las universidades argentinas. El carácter multidisciplinario de la actividad involucrada en el proyecto ha logrado aportes significativos al estudio y modelización de tráfico en las redes ad-hoc, como así también lo concerniente a encaminamiento en las citadas redes. En éste marco se realizaron capacitaciones sobre WSN en la UNLP y la UNaM impartidas por científicos y académicos alemanes.

De la actividad participaron 10 estudiantes de postgrado de la UNLP, otorgando 3 créditos válidos para Maestrías y Doctorados. En la UNaM tomaron dicho curso 12 personas de las carreras de Informática e Ingeniería Electrónica de la UNaM. Como corolario de la actividad, se ha defendido una tesis de Doctorado en Ciencias Informáticas en la UNLP [5] en el año 2011.

De la sinergia establecida entre grupos de investigación en la UNaM y la UGD, se han implementado charlas orientadas a docentes y alumnos de la carrera Ingeniería en Informática denominándoselas “Internet de las Cosas e Inteligencia Ambiental”. En ese contexto se concretaron los talleres “Programación de WSN” y “Hacia la Internet del Futuro, Programando WSNs” y “Redes de Sensores Inalámbricos e Internet del Futuro”. Estas actividades incluyeron importante carga horaria en actividades prácticas, que ha sido posible abordar por disponer un Laboratorio desplegado con una WSN de 15 nodos.

3 Talleres Desarrollados

Los objetivos, dinámica, contenidos, práctica, tecnologías utilizadas, y algunas consideraciones relativas a la evaluación de los talleres se indican a continuación.

3.1 Objetivos

Objetivo General.

- Concientizar sobre el potencial de la tecnología WSN, insistiendo en el hecho consisten en dispositivos de bajo costo; resultando apropiada fundamentalmente para aplicaciones en el medio ambiente.

Objetivos Particulares.

- Proporcionar comprensión general sobre ésta nueva tecnología y el nuevo paradigma de las redes data-céntricas.
- Apreciar de la naturaleza interdisciplinaria de WSN revelando sus potenciales aplicaciones para la región.
- Inculcar habilidades prácticas a través de la auto-motivación, la formación práctica no rutinaria, y de actividades de diseño en equipo, utilizando pensamiento crítico, trabajo en equipo y habilidades de comunicación.
- Desarrollar una estructura sostenible generando la infraestructura necesaria para formar a una futura generación de capacitadores, capaces de interactuar a nivel local, para así coadyuvar al desarrollo tecnológico.
- Fomentar con un enfoque regional, el desarrollo de un sentido de comunidad entre los participantes, despertando el interés por la aplicación de la tecnología WSN como una herramienta válida para resolver problemas locales.
- Promover la conformación de un grupo de trabajo sobre WSN en la UNaM y la UGD integrado por investigadores, profesionales y estudiantes.
- Elaborar documentos técnicos sobre dispositivos sensores
- Dictar charlas y conferencias de sociabilización en distintos estamentos de nuestra comunidad.

3.2 Dinámica y Contenidos Tratados

Los talleres comprendían sesiones de desarrollo de contenidos teóricos, como prácticas llevadas a cabo sobre los nodos disponibles. Los participantes han estado en contacto desde el primer momento con los nodos sensores, lo cual potenció aún más el rendimiento de las actividades. El curso se basó en la aplicación de algoritmos de complejidad creciente, los que se esclarecían a medida que se incorporaban nuevos conceptos y normas de programación de los nodos. Al final de cada una de las sesiones se realizaba una puesta en común de las actividades, logros y dificultades, las que se atendían clarificaban en el próximo encuentro. En la tabla 1 se resumen las sesio-

nes planificadas, temas tratados y objetivos perseguidos con el abordaje teórico; así como también las actividades prácticas establecidas.

Tabla 1. - Contenidos desarrollados en Capacitaciones

Sesión 1: Introducción
<i>T:</i> Disparadores de WSN. Principio de funcionamiento de WSN. Aplicaciones.
<i>P:</i> Programación C++, Estructuras básicas para nodos iSense. Herramienta iShell.
Sesión 2: Arquitecturas WSN
<i>T:</i> Nodos WSN. Optimización. Caracterización. Principios de diseño. Redes data céntricas.
<i>P:</i> Despliegues, sinks, intermedios y leaf, Códigos
Sesión 3: Hardware
<i>T:</i> Componentes. Diferencias. Criterios de selección. Factores limitantes. Costos
<i>P:</i> Configuración diferentes módulos
Sesión 4: Aplicaciones y Firmware para nodos
<i>T:</i> Programación, Capacidades de SO. Jerarquía de Clases.
<i>P:</i> Instalación del iSense SDK. Instalaciones en nodo sensor.
Sesión 5: Sistemas Operativos
<i>T:</i> SO en WSN. Funcionalidades básicas. Control de eventos. Soluciones.
<i>P:</i> Ciclos en el S.O. Arranque, eventos y tareas. Temporizadores. Manejo de Memoria.
Sesión 6: Encaminamiento
<i>T:</i> Ruteo. Convergencia. Métodos. Multisalto
<i>P:</i> Algoritmos de enrutamiento, Flooding and hop-based. Tree Routing.
Sesión 7: Sincronización
<i>T:</i> Necesidad. Limitaciones. Interacciones usuario, inter WSN, Mundo real. Desafíos.
<i>P:</i> pruebas de protocolos. Pruebas de algoritmos (LTS, TPSN and HRTS),
Sesión 8: Simulación
<i>T:</i> Fundamentos. 802.15.4a. Simulaciones: factores a considerar.
<i>P:</i> Simuladores en WSN. Instalación y ejecución.

3.3 Actividades de Formación Práctica

Se ha pretendido que la formación práctica representara un distintivo de calidad de los talleres sin descuidar la profundidad y rigurosidad de la fundamentación teórica y la reflexión, como componentes del aprendizaje

Estas tareas en todos los casos han sido ejecutadas con éxito por los participantes. Se listan a continuación algunos de los prototipos actualmente en evolución como parte de proyectos de I+D del grupo de trabajo constituido:

A) Simulación de Redes de Sensores inalámbricos mediante interfaz Web. La simulación por computadora ha permitido a los científicos e ingenieros experimentar fácilmente con ambientes virtuales, alcanzando un nuevo nivel de detalle el análisis de las aplicaciones naturales y artificiales; que fuera desconocido en las primeras etapas del desarrollo científico. Se sabe que modelar analíticamente a las WSN es una tarea complicada, dado que se tiende a realizar análisis simplificados. Toda simulación requiere de un modelo apropiado basado en fundamentos teóricos y sobre todo, de fácil implementación práctica [6], dado que los resultados de la simulación se extrapolan del escenario particular de análisis, con determinadas presunciones, que ciertas veces no encierran al comportamiento real, comprometiendo seriamente con ello la credibilidad de las simulaciones.

En éste proyecto se pretende: a) avanzar en el estado del arte en cuanto simulación WSN, b) Analizar propiedades y eventos necesarios para reproducir el comportamiento de una Red; c) Diseñar la interfaz web de obtención de parámetros, incorporación de los archivos particulares del proyecto y visualización de resultados de simulación; d) Diseñar una solución del lado del servidor Web para procesamiento de datos colectados y generación de resultados de simulación; e) Desarrollar un prototipo de interfaz de simulación de WSN basado en la Web que a través de una interfaz pueda obtener parámetros de simulación, incorporar archivos particulares del proyecto, procesar los datos ingresados y generar los resultados de la simulación; f) Realizar pruebas para comprobar el funcionamiento correcto del sistema.

Se pretende integrar el potencial de la herramienta de simulación Shawn [7] con todas las ventajas de los sistemas basados en la Web. Se plantea incrementar la capacidad del servidor utilizado en las simulaciones por medio de procesamiento distribuido.

B) Sistema Basado en Redes de Sensores Inalámbricos para la Optimización de Recolección de Residuos Domiciliarios en Ciudades Inteligentes. Sabido es que más de la mitad de la población mundial vive hoy en ciudades, y Naciones Unidas estima que el 70% de la población habitarán en centros urbanos en el año 2050. Es primordial por ello, mantener la armonía entre los aspectos espacial, social y ambiental de las localidades, así como entre sus habitantes. En este nuevo escenario sociológico y demográfico, con claros efectos económicos, políticos y medioambientales, cobra fuerza el concepto de ciudad inteligente.

El fin de éste proyecto es diseñar un prototipo de sistema, que utilice los datos generados por WSNs, para determinar que contenedores de residuos urbanos [8] ameritan ser recogidos; calculando con ello una ruta óptima de recolección, pretendiendo resolver problemas de gestión con implementaciones inteligentes.

Aquí se estudian antecedentes sobre Ciudades Inteligentes, Internet del Futuro, y WSN; pretendiendo caracterizar el funcionamiento del sistema de recolección de residuos de la ciudad de Posadas; definir componentes de hardware y software a utilizar en el proyecto, desarrollar software para los nodos sensores, que permita detectar el nivel de llenado de un contenedor; desarrollar un prototipo para captura de datos desde la Red de Sensores Inalámbricos para el cálculo de ruta óptima, y la visualización de la ruta en un mapa; realizar pruebas de laboratorio verificando el funcionamiento completo del sistema.

C) Plataforma para la publicación de datos de Redes de Sensores Inalámbricos, orientada a la visión de la Internet de las Cosas. Se pretende concebir una plataforma para la captura, almacenamiento y publicación de datos de Redes de Sensores Inalámbricos, persiguiendo específicamente: estudiar las tecnologías WSN; evaluar las alternativas existentes para la publicación de datos de WSN útiles para la visión de la IoT; diseñar un prototipo de plataforma que permita la captura, almacenamiento y publicación de los datos obtenidos de la WSN; probar el prototipo en un escenario donde se verifiquen las posibilidades de aplicación práctica como una solución valedera a problemas existentes en diferentes ámbitos.

3.4 Tecnologías Utilizadas

Como plataforma base para los proyectos descriptos se han utilizado equipos con un módulo principal iSense. El hardware iSense se proporciona junto a un firmware operativo y de red modular, permitiendo la generación de aplicaciones pequeñas pero completas; proveyendo una base sólida para el desarrollo rápido de aplicaciones. Brinda una API C++ para el nodo hardware, funcionalidades de sistema operativo y una amplia variedad de protocolos de red.



Ilustración 1. Nodo sensor iSense

En los equipos de desarrollo se utilizó una plataforma PC+Linux en sus distribuciones Ubuntu y Debian. Se instalaron los paquetes make, cmake and gcc++. La plataforma iSense, que incluye al microprocesador Jennic, precisa para el desarrollo de aplicaciones el compilador ba-elf-g++, que asegura la integración perfecta de las librerías.

3.5 Evaluación

Para evaluar el éxito/fracaso de los talleres realizados, se consideraron los siguientes parámetros: Características multidisciplinarias de los participantes capacitados; Cantidad de participantes rechazados por elevada cantidad de postulantes; Calidad de los participantes, expresando el número de participantes con un alto potencial de propagar la capacitación recibida; y la retroalimentación de los participantes.

Los resultados de los diferentes talleres organizados han revelado: interés en el tema WSN; exceso de candidatos a participar en los talleres; buen nivel de los participantes, quienes han aplicado lo aprendido para resolver un problema de la vida real específico.

Como seguimiento de las actividades de formación propuestas, se ha mantenido contacto con todos los participantes, de los cuales el 60% se encuentra actualmente involucrado en diferentes proyectos referidos a las WSN.

Por otra parte, se han identificado como principales debilidades y amenazas al costo de equipos; desconocimiento de tecnología a nivel de decisión y a la infraestructura de soporte en los lugares de implementación.

4 Impactos

4.1 Incorporación de WSN a la Currícula en Carreras de Informática

En el contexto descripto, al observarse el interés de los estudiantes por las competencias prácticas adquiridas en las sesiones de capacitación, y habiendo identificado también una genuina motivación por parte de los alumnos en volcar estas competencias en la producción de sus propias tesis de grado, la UGD decidió incorporar al nuevo plan de estudios de su carrera Ingeniería en Informática en el área de Tecnologías Aplicadas, una nueva asignatura electiva referida a la Tecnología WSN e Internet de las Cosas.

La decisión tiene que ver con la evolución que se propone actualmente a nivel internacional desde la Joint Task Force on Computing Curricula (ACM & IEEE-CS) [9], como también en los ámbitos de debate sostenidos en nuestro país promovidos por la RedUNCI y la RIISIC para la estandarización de contenidos básicos e intensidad de formación práctica de las carreras en Informática.

La asignatura tiene relación directa con Redes y Comunicaciones siguiendo un enfoque bottom-up, construyendo la comprensión de las redes desde sus niveles más bajos o físicos hacia los más altos en los modelos de referencia, con una modalidad organizativa del tipo taller, basada en el Aprendizaje Basado en Problemas (ABP) [10]. Las metas a alcanzar son: Comprender y aplicar conocimientos inherentes a las WSN, en función de los desafíos presentados por la tecnología, a saber: Eficiencia Energética, Capacidad limitada de procesamiento, ancho de banda y almacenamiento, altos niveles de error, escalabilidad y robustez.

Por otra parte, los contenidos sintéticos definidos incluyen: Motivación para el estudio de las WSN. Sensores. Génesis de WSN. Desafíos. Aplicaciones. Arquitectura de nodos. Sistemas Operativos. Modelo de Referencia. Capa física. Control de acceso al medio. Capa de red. Gestión de energía. Sincronización. Localización. Seguridad y Programación en WSN.

En todos los casos se prioriza la realización de actividades de resolución de problemas abiertos, de proyecto y diseño, en la búsqueda de inculcar un espíritu de investigación tendiente a producir descubrimientos que permitan nuevos desarrollos, articulándose perfectamente con el Taller de Tesis de Grado/Trabajo Final de carrera vigente en la universidad.

4.2 Radicación de Nuevos Proyectos de I+D

El desarrollo de los talleres de WSN ha consolidado la conformación de un grupo de investigación y desarrollo, integrado por docentes e investigadores de la UNaM y UGD, habiéndose planteado varias (6) tesis de grado en el contexto [11], incluyendo algunas con relación directa con la industria [12] .

La UGD ha asignado recursos para que varios alumnos en etapa de preparación de su tesis de grado sean asimilados como becarios en el mencionado proyecto, recursos estos que son solventados con fondos propios de la universidad, logrando con ello involucrar a estudiantes de grado en proyectos de investigación, desarrollo e innovación tecnológica con beneficios reales y concretos para su formación, exponiendo a los estudiantes a interesantes proyectos en su contexto regional socio-productivo y al proceso reflexivo crítico involucrado en la investigación científico-tecnológica.

5 Conclusiones y Trabajos Futuros

Se considera que los talleres de implementación de WSN descriptos en este trabajo han resultado exitosos, ya que han promovido la conformación de un grupo de I+D, en cuyo contexto se desarrollan diferentes tesis de grado y proyectos fomentando el desarrollo local de soluciones que buscan resolver problemas del entorno regional. Los talleres han resultado la fuente de actualización curricular de una de las carreras en Informática que ofrecen las universidades involucradas en la experiencia reportada.

El objetivo último ha sido siempre conducir a cada uno de los participantes a la obtención de una solución para la problemática particular propia, descartando en todo momento las actividades conductoras a un único tipo determinado de proyecto, tendiendo a la co-creación del conocimiento [13]. En este mismo sentido, se ha desarrollado una Wiki, con documentación construida de forma cooperativa en los talleres de capacitación ofrecidos y en la que se proveen además guías prácticas para la instalación del entorno de desarrollo SDK de iSense y la instalación del simulador Shawn.

Finalmente, es destacable mencionar que en los próximos talleres a desarrollar se prevé enfocarse en IPv6 y seguridad en WSN, con la certeza que la demanda de este tipo de capacitación es creciente, estando persuadidos acerca de que la red IPng será soporte indefectible de todas las redes de sensores, alentando el advenimiento de Internet de las cosas.

Bibliografía

- [1] M. Weiser, "The computer for the 21st century," *SIGMOBILE Mob. Comput. Commun. Rev.*, vol. 3, no. 3, 1999.
- [2] ITU, "ITU Internet Reports 2005: The Internet of Things," 2005.
- [3] D. Dickson, "Buenas y malas noticias sobre la 'brecha científica'," *SciDev.Net*, 2009. [Online]. Available: <http://tiny.cc/00jtwv>.
- [4] MINCyT, "PLAN NACIONAL DE CIENCIA, TECNOLOGÍA E INNOVACIÓN: Lineamientos estratégicos 2012-2015," Buenos Aires, 2012.
- [5] E. Sosa, "Tesis Doctoral: Contribuciones al Establecimiento de una Red Global de Sensores Inalámbricos Interconectados," Universidad de La Plata, 2011.
- [6] E. Egea-López and e. al., "Simulation Tools for Wireless Sensor Networks," in

Summer Simulation Multiconference - SPECTS 2005, 2005.

- [7] S. Fekete, A. Kroller, S. Fischer and D. Pfisterer, "Shawn: The fast, highly customizable sensor network simulator," Braunschweig, 2007.
- [8] S. Longhi, D. Marzioni, E. Alidori, G. Di Buo, M. Prist, M. Grisostomi and M. Pirro, "Solid Waste Management Architecture Using Wireless Sensor Network Technology," in *5th International Conference on New Technologies, Mobility and Security (NTMS)*, 2012.
- [9] The Joint Task Force on Computing Curricula, "Computer Science Curricula 2013," Association for Computing Machinery & IEEE-Computer Society, February 2013.
- [10] L. V. Morales P., "Aprendizaje basado en problemas," *Theoria*, vol. 13, no. 1, pp. 145-157, 2004.
- [11] E. Sosa, D. Godoy, R. Neis, G. Motta, R. Luft, D. Sosa, H. Bareiro and P. Quiñones, "Internet del Futuro y Ciudades Inteligentes," in *XV Workshop de Investigadores en Ciencias de la Computación 2013*, Paraná, 2013.
- [12] A. Quiñones, D. Godoy and E. Sosa, "Redes Inalámbricas de Sensores: Una experiencia en la Industria del Té," in *5º Congreso Argentino de AgroInformática(en prensa)*, Córdoba, 2013.
- [13] B. Regeer and J. Bunders, "Knowledge co-creation: Interaction between science and society. A Transdisciplinary Approach to Complex Societal Issues," Advisory Council for Research on Spatial Planning, Nature and the Environment/Consultat, La Haya, 2009.